INDICADORES BACTERIANOS NO HABITUALES DE LA CALIDAD DE AGUA EN PISCINAS

INGRID SALAZAR *
Ministerio de Infraestructura-Servicio Autónomo Vivienda Rural. Dpto Calidad del Agua y Proyectos de ACR (1985-). Laboratorio de Aguas (1980–96). Docente Escuela “Dr. Arnoldo Gabaldón” (1985–2001), Escuela de Inspectores Sanitarios (1985–95). Grupo Vigilancia Enfermedades Transmitidas por el Agua (1994–95). Calidad del Agua en Lara, Portuguesa y Yaracuy, docente en Cursos Salud Pública, Escuela de Medicina de UCOLA y LUZ (1981–85).

HENRY BLANCO
Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela

Dirección postal (*):
Urb, La Fuente. Calle I N° 119. Turmero, Edo. Aragua - Venezuela
Telefónos: 58 – 243 – 2378501 (oficina); 58- 244- 6636084 (habitación)
Fax: 58 – 243 – 2378501
Correo Electrónico: ingriyu@hotmail.com

RESUMEN

La calidad del agua de piscinas en Venezuela, la establece la Gaceta Oficial Nº 4.044 de fecha 8 de septiembre de 1988 en donde se señala que el agua debe cumplir con los requisitos del agua potable. Al establecer esta condición se define una calidad de aptitud recreacional igual a la de consumo humano, cuando en la realidad el uso es diferente. Con el fin de solventar esta situación se desarrolla esta investigación de campo tipo exploratoria-evaluativa, cuyo objetivo general fue plantear la necesidad de establecer indicadores bacterianos que definan mejor la calidad del agua para este uso. La muestra estuvo representada por veintiocho (28) unidades de análisis (piscinas) localizadas en el Estado Aragua, Venezuela, en las cuales se captaron noventa y tres (93) muestras compuestas en la microcapa superficial y a un (1) metro de profundidad. Se realizaron determinaciones de pH, temperatura, cloro residual y turbiedad, así como ocho (8) indicadores bacterianos: *Coliformes totales*, *Coliformes fecales*, *Aerobios mesófilos* (habituales); *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp*., *Pseudomona aeruginosa* y *Aeromonas sp. (*No habituales*)*. Los resultados obtenidos reflejan que en las piscinas evaluadas existen condiciones inseguras con potencial riesgo a la salud de los usuarios debido a bajos niveles de cloro residual libre (0,1 – 0,4 mg/l), pH insatisfactorios en algunos casos (< 6,5) y elevadas turbiedades (2 – 15 UNT), lo cual se traduce en alta presencia de indicadores habituales entre 57 y 100%; y para los no habituales entre 46 y 87%. Además, se obtuvo que en ausencia de los indicadores bacterianos comúnmente utilizados para la evaluación de la calidad microbiológica del agua de piscina (*Coliformes totales*, *Coliformes fecales*, *E coli*.) se alcanzan, altos porcentajes de incumplimiento con los criterios normativos internacionales de los indicadores no habituales *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp*.entre 40 y 60% y entre 20 y 35% para la *Pseudomona aeruginosa* y *Aeromonas sp*. Se propone que los indicadores bacterianos habituales para la evaluación rutinaria de la calidad microbiana del agua de piscinas sean los *Coliformes fecales* y los *Aerobios mesófilos*, estos últimos como indicativos de eficiencia en la desinfección; y los indicadores bacterianos no habituales los géneros *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa*.

Palabras Claves: Calidad de Aguas, Piscinas, Indicadores Bacterianos

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, las Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones del antiguo Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, publicadas en la Gaceta Oficial Nº 4.044 de fecha 8 de septiembre de 1988, señala que la calidad del agua en piscinas debe cumplir con los parámetros físicos, químicos, estéticos y bacteriológicos del agua potable, especificando para el aspecto microbiológico el uso de los indicadores habituales: coliformes totales, fecales y bacterias aerobias mesófilas. En consecuencia, la normativa nacional, al establecer como valores guías de la calidad del agua de piscinas los correspondientes a las aguas de consumo, presenta una deficiencia, ya que está considerando parámetros y valores que definen la calidad del agua potable para fijar la aptitud para uso recreacional, condiciones totalmente diferentes, que requieren de distintos criterios de calidad.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo es plantear la necesidad de establecer indicadores bacterianos no habituales que puedan definir mejor la calidad del agua para uso recreacional, específicamente en piscinas. Esta investigación comprende una evaluación de las condiciones sanitarias de las aguas de piscinas en un sector de Venezuela con un criterio ampliado, para demostrar el hecho de que los indicadores bacterianos utilizados tradicionalmente para evaluar los riesgos asociados al uso de las aguas de piscinas, no siempre suministran una información confiable de los riesgos reales del usuario, y en ocasiones pueden resultar insuficientes.

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló bajo la modalidad de investigación de campo descriptivo de tipo exploratorio–evaluativo con apoyo de base documental, observacional y normativo legal. La muestra estuvo representada por 28 unidades de análisis, de una población total de 41 piscinas localizadas en varios municipios del Estado Aragua, Venezuela. Esta muestra fue seleccionada atendiendo al cumplimiento de las siguientes pautas: piscinas con superficies mínimas de 25 m^2, profundidades de 60 cm o más en cualquier punto, uso recreativo o deportivo y sistema de recirculación para renovar el agua.

La evaluación se realizó en época de alta afluencia de bañistas (vacaciones escolares), cumpliendo con la recomendación de la OMS (1999). Las estrategias desarrolladas para la realización del muestreo se fundamentaron principalmente en la ubicación espacial, con configuración de cuadrículas en el espejo de agua, y en los momentos de máxima carga de usuarios, representados en el horario comprendido entre las 11:00 am y 5:00 pm.

Se procesaron un total de noventa y tres (93) muestras compuestas en la microcapa superficial y a nivel profundo (1 m), a partir de las cuales se determinaron ocho indicadores microbianos; habituales: *Coliformes totales, Coliformes fecales, Aerobios mesofilos* y no habituales: *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Streptococcus sp., Aeromona sp y Pseudomonas aeruginosa*. Adicionalmente, se realizaron mediciones en muestras instantáneas de pH, temperatura y cloro residual *in situ*. La turbiedad se determinó en las muestras compuestas preparadas, no como evaluación de la transparencia del agua, sino para su asociación con los indicadores bacterianos.

Las metodologías desarrolladas para la realización de los análisis microbiológicos se apoyan en los métodos normalizados presentados en el Standard Methods for the Examination Water and Wastewater (1998), habiéndose aplicado: 1) La técnica de tubos múltiples con identificación del *E. coli* (Sección 9221A) para la detección de los organismos coliformes, 2) El método de filtración de membrana (MF) para el resto de los microorganismos cuantificados. Para la cuantificación de la *Aeromona sp.* se utilizó la técnica MF modificada, utilizando el medio selectivo propuesto por los investigadores Rippey and Cabelli (1979)

RESULTADOS

En la tabla 1 y 2 se presenta el resumen de los parámetros físico-químicos y los indicadores bacterianos habituales y no habituales, y en la figura 1 una representación porcentual de estos indicadores.

TABLA 1: Parámetros Físico-químicos de las Piscinas Evaluadas

Parámetro		*Rango de valores*	*Valores y Criterios Normativos **
Temperatura (º C)		28 - 32	-
pH		6,2 – 8,2	6,5 – 8,2
Turbiedad (UNT)		2 - 15	0,5 (OMS)
Cloro residual (mg/l)	*Libre*	0,1 – 0,4	0,2 – 1,0
	Combinado	0,1 - 0,4	-
	Total	0,1 – 0,5	-

*Venezuela, Francia, Australia, Reino Unido, USA, New South Wales, OMS y CEE

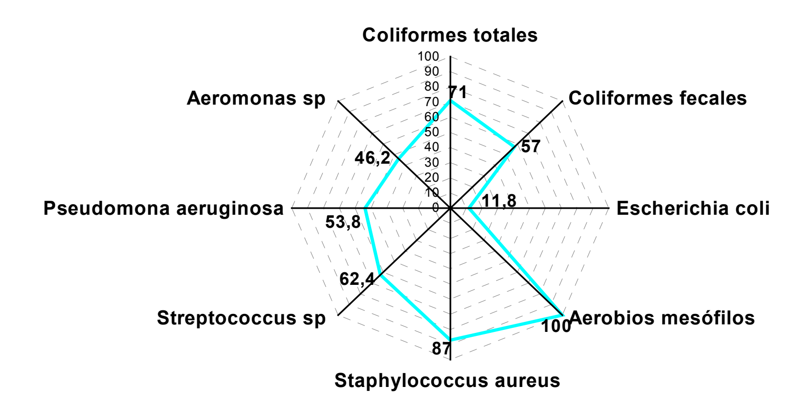


FIGURA 1: Distribución porcentual de los indicadores bacterianos habituales y no habituales de la calidad del agua de piscinas

TABLA 2: Indicadores bacterianos habituales y no habituales en las piscinas evaluadas

Indicadores Habituales	*Coliformes totales (NMP/100ml)*	*Coliformes fecales (NMP/100 ml)*	*E. Coli (NMP/100ml)*	*Aerobios mesòfilos (UFC/100ml)*
	$2 – 1,6 \times 10^5$	$2 – 9,2 \times 10^4$	2 - 40	$10 – 7,9 \times 10^9$
Indicadores No habituales	*Staphylococcus aureus (UFC/100ml)*	*Streptococcus sp (UFC/100ml)*	*Aeromona sp (UFC/100ml)*	*Pseudomonas aeruginosa (UFC/100ml)*
	$4 – 1,8 \times 10^6$	$1 – 1,4 \times 10^4$	$40 – 9,6 \times 10^4$	1 - 250

En la tabla 3 se presenta la comparación entre el cumplimiento con la normativa de los indicadores habituales con relación a los no habituales, que no cumplen con los criterios normativos revisados.

TABLA 3: Comparación cumplimiento normativo indicadores bacterianos habituales con el incumplimiento de los no habituales en las piscinas evaluadas.

No Habituales / **Habituales**	***Staphylococcus aureus* *0 – 50 UFC/100 ml***	***Streptococcus sp.* *0 UFC/100 ml***	***Pseudomonas aeruginosa* *0 - 10 UFC/100 ml***	***Aeromonas sp.* *0 - 100 UFC/100 ml***
Criterio 1: ***Coliformes totales < 2 NMP/ 100 ml***	42,0%	59,6%	31,6%	35,0%
Crietrio 2: ***Coliformes fecales < 2 NMP/ 100 ml***	39,0%	61,0%	30,0%	30,0%
Criterio 3: ***Escheria coli < 2 NMP/ 100 ml***	61,0%	6,5%	31,6%	44,5%
Criterio combinado: ***CT, CF y EC < 2 NMP/ 100 ml***	42,0%	55,0%	22,0%	33,0%

Estos resultados permiten afirmar que en las piscinas evaluadas existen condiciones inseguras con potencial riesgo a la salud de los usuarios, en vista de los bajos niveles de cloro residual libre (0,1 - 0,4 mg/l), niveles insatisfactorios de pH en algunos casos (< 6,5) y a los elevados valores de turbiedad encontrados (2 - 15 NTU), ya que estas condiciones no garantizan una desinfección efectiva, lo cual se ve reflejado en los altos contajes de los indicadores bacterianos, presentados en la tabla 2. Por otra parte, en la figura 1 se observa una distribución porcentual de la presencia de todos los indicadores (habituales y no habituales) superior al 50 por ciento, con excepción del *Escherichia coli*.

La relación porcentual presencia/ausencia de los indicadores habituales es 71/29 para los organismos *coliformes totales* y 57/40 para los *coliformes fecales.* Para el caso, *Escherichia coli*, indicador no habitual de origen fecal, se invierte la relación (12/85), lo que permite ratificar las condiciones específicas, tanto en procedencia como en sobrevivencia para que esta especie esté presente y sobreviva en este tipo de aguas de uso recreacional, limitando su utilización como indicador microbiano. Al realizar la comparación con los otros indicadores no habituales (figura 1) sus porcentajes de presencia son relativamente altos, situación que permite afirmar la necesidad de recomendar la detección de esos microorganismos no cuantificados habitualmente (*Staphylococcus aureus, Streptococcus sp., Aeromona sp* y *Pseudomonas aeruginosa)*.

La comparación porcentual qe se presenta en la tabla 3, indica que aún cuando los indicadores habituales no estén presentes (< 2 NMP/100 ml) se detectan los indicadores no habituales incumpliendo los criterios normativos en porcentajes relativamente significativos entre 20 y 60 por ciento. Esta situación permite recomendar o proponer su inclusión para la evaluación de la calidad del agua de piscinas en Venezuela.

Por otra parte, se observa que en esa condición de cumplimiento normativo de los indicadores habituales la distribución porcentual de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus*, están entre 40 y 60 por ciento aproximadamente, mayor al encontrado para los géneros *Pseudomonas* y *Aeromonas*, entre 20 y 35 por ciento aproximadamente. Este comportamiento sugiere para la incorporación de estos indicadores no habituales, la selección de un representante entre estos dos grupos de géneros, considerando la optimización de los recursos para su cuantificación rutinaria en la evaluación de la calidad del agua en piscinas.

Con base en los estudios realizados sobre evaluación de indicadores a través de los años, desde 1980 a la fecha, y a los antecedentes del tipo de indicadores bacterianos evaluados, así como los resultados obtenidos en esta investigación, pareciera recomendable que la evaluación bacteriológica de la calidad del agua de piscinas, incluya los indicadores habituales: *Coliformes fecales* y *Aerobios mesófilos*, èstos últimos como indicativos de eficiencia de la desinfección; y los indicadores no habituales: *Staphylococcus sp.* y *Pseudomonas sp.*, como indicadores de riesgo a la salud, ya que su origen es fundamentalmente humano.

Es importante destacar, tal como se observa en la figura 1 y tabla 3, que las *Aeromonas sp.* en todos los casos aparecen en mayor porcentaje que las *Pseudomonas sp.*, condición que aparentemente las perfila como un mejr indicador. Adicionalmente, desde 1992, se han encontrado mayor número de estudios dirigidos a su búsqueda coomo indicador, sin embargo aún no aparecen recomendados como tal, en los textos especializados sobre la calidad del agua de piscinas, posiblemente también porque su origen no tiene asociación directa con los bañistas.

En términos generales, se observó que la condición operativa de las piscinas evaluadas puede catalogarse como deficiente, según los parámetros fisico-químicos y microbiológicos obtenidos, específicamente la elevada concentración de aerobios mesófilos (7,9 x 10^9), que de acuerdo a las guías de calidad de agua recreacional de la OMS (1999), aportan información de las condiciones higiénicas de las piscinas. En estas mismas guías se afirma que las concentraciones de *Coliformes fecales y E. Coli* menores a 1 UFC por 100 ml (< 2 NMP/ 100 ml), se puede lograr con buenas prácticas operativas, lo que sin dejar de ser cierto, no confirma la implicación contraria, es decir que esa concentración pueda ser utilizado como indicador de buenas prácticas.

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman este planteamiento, ya que se observa que un 43 por ciento de las muestras donde se reporta ausencia de coliformes, presentaron una condición operativa deficiente y en su mayoría se reportó presencia de indicadores no habituales, tal como se observa en la tabla 3, en donde los porcentajes de incumplimiento con los criterios normativos están entre 30 y 60 por ciento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los indicadores bacterianos habituales, específicamente los coliformes son débiles e insuficientes para definir la calidad del agua en piscinas.

El indicador no habitual *E. coli* no pareciera ser apropiado para evaluar la calidad del agua en piscinas, pues su detección, origen y sobrevivencia limitan su utilización como indicador bacteriano, lo que se refleja en los bajos niveles cuantificados en las piscinas evaluadas.

El criterio 1 UFC/100 ml de C*oliformes fecales* y *E. Coli* no reflejó condiciones higiénicas adecuadas en las piscinas evaluadas, por tanto no debe utilizarse como único indicador de buenas prácticas operativas.

Los indicadores bacterianos no habituales se presentaron en una proporción relativamente alta (> 50%), similar a los habituales, lo cual sugiere su incorporación en la evaluación de la calidad del agua de piscinas.

Los indicadores no habituales: *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus sp.* se encuentran entre 40 y 60% de incumplimiento con los valores normativos internacionalmente recomendados, a pesar de que los indicadores habituales si cumplen con estos criterios regulatorios.

Los indicadores no habituales: *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus sp.* se encuentran entre 40 y 60% de incumplimiento con los valores normativos internacionalmente recomendados, a pesar de que los indicadores habituales si cumplen con estos criterios regulatorios.

En términos generales y con el objeto de proponer los indicadores bacterianos no habituales, se recomienda profundizar sobre la posibilidad real de que el *Staphylococcus aureus* sea uno de los indicadores no habituales para la evaluación de la calidad bacteriológica del agua en piscinas y optimizar el uso de los indicadores habituales, considerando solo a los coliformes fecales.

Asimismo se recomienda optimizar el uso de los indicadores bacterianos habituales limitando su cuantificación sólo a los *Coliformes fecales* y utilizar los *Aerobios mesófilos* como indicativos de eficiencia de la desinfección en piscinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida V.; Nuñez M. (1995). **Presence of Aeromonas trota in Aquatic Environment**. Memorias del Instituto Oswaldo Cruz.

Alvarado, M; et al (1991). **Evaluación de la Calidad Sanitaria de las Aguas de Piscinas de Costa Rica**. Costa Rica

AWWA. (1998). **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater**. 20 Edition. USA.

Bezzicheri G.; Ercolessi M. y otros. (1992). **Aeromonas in Drinking Water in the Area of Pesaro**. Applied and Enviromental Microbiology. USA.

Bolívar R.; Andueza F. (1995). **Relación entre la presencia de Células de Aeromonas sp y la presencia de coliformes totales y fecales en muestras de agua.** Memorias del XII Congreso Latinoamericano de Microbiología y VI Congreso Venezolano de Microbiología "Dr. José G. Hernández". Caracas, Venezuela.

Chaves; et al. (1985). **Condiciones Sanitarias de Aguas de Piscinas de Campo Grande**. Brasil

Degremont. (1979). **Manual Técnico del Agua**. Editorial Arte Gráfico Grijelmo S.A. Bilbao, España.

Esterman, A; et al (1983). **Determinantes de las Características Microbiológicas de Piscinas de Natación del sur de Australia.**

Gil, A; Collazo, H; et al (1974). **Calidad Microbiológica de Aguas de Piscinas de Medellín, Colombia.**

Hazen T., Fliermans C. y otros. (1978). **Prevalence and Distribution of Aeromonas hydrophila in the United States**. Applied and Environmental Microbiology. USA.

Joklik W., Wilett H. y otros (1974**). Microbiología**. Editorial Médica Panamericana. 20 Edición. Buenos Aires, Argentina.

Lerman, et al. (1993). **Calidad de Aguas de Piscinas en Jerusalen**.

Ministerio de Salud. (1978). **Reglamento para el Funcionamiento y la Operación de Piscinas**. Chile

MSAS. (1992). **Normas para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de piscinas públicas.** Departamento de Ingeniería. Caracas, Venezuela.

Ontiveros. (1983). La *Pseudomona aeruginosa* como Indicador Bacteriano de calidad del Agua para Uso Recreacional**. México**

Organización Mundial de la Salud (OMS). Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1999). **Guías de Calidad del Aguas Recreacionales para Piscinas de Natación, Spas y Ambientes Similares**. Volumen 2. .

Seyfried; Fraser. (1980). **Persistencia de Aeromonas en Piscinas de Natación Cloradas**

Torres (1985). **Estudio Higiénico – Epidemiológico de las Piscinas del Centro Deportivo Camilo Cienfuegos**. La Habna , Cuba.

Torres Y. (1991). **Resistencia de Pseudomonas aeruginosa al cloro libre residual**. **Revista AINSA.** Medellín, Colombia.

Tosti; Volterra (1988). **Higiene de dos Piscinas: Indicadores Microbianos.** Italia

Valentin, Soares y queico (1987). **Indicadores de Contaminación Fecal y Enteropatogénicos en Aguas de Recreación.** Sao Paulo, Brasil.